



ĐÁNH GIÁ ĐẶC ĐIỂM BIẾN ĐỘNG BỜ SÔNG TRÊN CƠ SỞ ỨNG DỤNG VIỄN THĂM VÀ GIS: NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP SÔNG TIỀN KHU VỰC TÂN CHÂU – HỒNG NGỰ

**Trịnh Phi Hoàn^{1*}, Phạm Thế Hùng², La Văn Hùng Minh²,
Trần Văn Thương³, Nguyễn Siêu Nhân¹, Nguyễn Cao Hạnh¹**

¹ Viện Địa lý Tài nguyên Thành phố Hồ Chí Minh – Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

² Khoa Kỹ thuật – Công nghệ, Trường Đại học Đồng Tháp

³ Khoa Địa lý – Trường Đại học Sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh

Ngày nhận bài: 15-9-2018; ngày nhận bài sửa: 10-10-2018; ngày duyệt đăng: 21-11-2018

TÓM TẮT

Mục tiêu của bài báo là đánh giá và rút ra được đặc điểm biến động (xói lở, bồi tụ) bờ sông trên cơ sở ứng dụng công nghệ viễn thám và hệ thống thông tin địa lý (GIS). Đồng thời, kết hợp với tư liệu, nghiên cứu đã chỉ ra biến động mang tính quy luật ở đoạn sông Tiền khu vực Tân Châu – Hồng Ngự thời kì 1966-2015. Hai đặc điểm nổi bật của sự biến động bờ sông khu vực nghiên cứu là (i) biến động bờ sông gắn liền với sự hình thành, phát triển của các cù lao, cồn bãi; sự hình thành cù lao, cồn bãi vừa là hệ quả của xói lở nhưng đồng thời cũng là nguyên nhân của quá trình biến động; (ii) biến động bờ sông gắn liền với sự thay đổi dòng chính, phụ giữa các nhánh sông.

Từ khóa: biến động bờ sông, sông Tiền, xói lở, bồi tụ.

ABSTRACT

**Assessing characteristics of variation in riverbank by applying Remote Sensing and GIS:
Case study in Tien River in Tan Chau and Hong Ngu Area**

The purpose of this study is to assess and determine characteristics of changes in riverbank (erosion, deposition) based on applying remote sensing and geographic information system (GIS) technologies and combining with several specialized documents. The study discovered the rules of variations in a part of Tien River which located in Tan Chau and Hong Ngu area during the 1966 - 2015 period. This feature showed that the changes in riverbank have (i) related to the forming process and development of islets and alleys; the formation of islets and alleys is not only results of erosion but also causes of change in the riverbank; (ii) connected to variations in flow among branches.

Keywords: riverbank variation, Tien River, erosion, deposition.

1. Mở đầu

Biến động bờ sông, nhất là hiện tượng xói lở là một trong những loại hình thiên tai gây ra nhiều thiệt hại trong những năm qua và thách thức cho sự phát triển bền vững ở khu vực đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) trong những năm tới. Sông Tiền đoạn chảy qua khu vực Tân Châu – Hồng Ngự là một trong những nơi có sự biến động (xói lở, bồi tụ) lớn và đặc trưng ở vùng ĐBSCL [1] - [11]. Do đó, cũng có những nghiên cứu với nhiều phương pháp đánh giá biến động bờ sông ở khu vực này như phương pháp thống kê tài liệu

* Email: tphoanh@hcmig.vast.vn

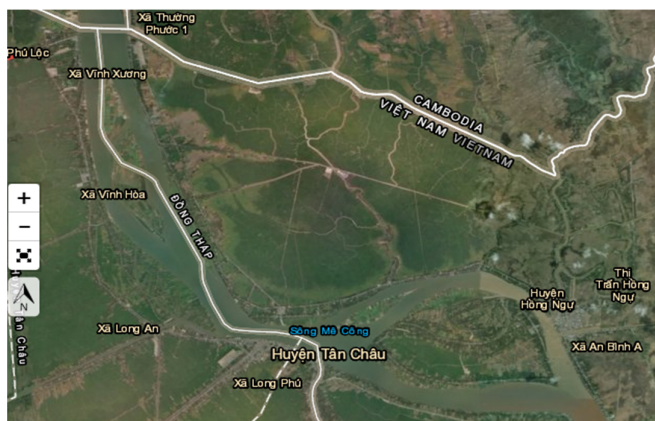
thực đo [12], phương pháp mô hình thủy văn, thủy lực [10], [13]; phương pháp ứng dụng bản đồ và viễn thám, hệ thống thông tin địa lí (GIS) [14] - [17].

Trong thời gian gần đây, việc ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS để đánh giá diễn biến đường bờ sông được sử dụng khá phổ biến, bài báo ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS kết hợp với phương pháp phân tích tổng hợp nhằm tìm ra đặc điểm biến động đặc trưng ở đoạn sông nghiên cứu. Qua đó, cung cấp cơ sở khoa học cho vấn đề thích nghi và ứng phó với biến động bờ sông phục vụ phòng tránh thiên tai ở địa phương.

2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Khái quát về khu vực nghiên cứu

Khu vực Tân Châu – Hồng Ngự nằm ở phía Bắc 2 tỉnh An Giang và Đồng Tháp, nơi đầu nguồn sông Tiền – một trong hai nhánh của sông Mekong chảy vào Việt Nam. Do đó, nằm gọn trong đồng bằng ngập lũ (floodplain) của sông Mekong. Đoạn sông nghiên cứu dài khoảng 29 km, kéo dài từ biên giới Việt Nam – Campuchia đến hết cù lao Long Khánh (xem Hình 1).



Hình 1. Sơ đồ khu vực nghiên cứu (Nguồn: [18])

Với vị trí này, khu vực Tân Châu – Hồng Ngự nằm ở đồng bằng ngập lũ (floodplain) của sông Mekong, nằm cách xa Biển Đông khoảng 200 km. Do đó, dòng chảy sông khu vực nghiên cứu chịu tác động chủ yếu của dòng chảy thượng nguồn.

2.2. Dữ liệu

- Dữ liệu bản đồ: bản đồ địa hình tỉ lệ 1:50.000 được thành lập bởi Quân đội Mỹ, xuất bản năm 1966 gồm các tờ: Tân Châu (6030 IV), An Long (6030 II), Phong Mỹ (6130 III), Cao Lãnh (6129 IV) và Sa Đéc (6129 I). Ngoài ra, dữ liệu bản đồ hành chính và các bản đồ chuyên đề khác cũng được sử dụng.

- Dữ liệu ảnh viễn thám: gồm các ảnh vệ tinh Landsat 4, 5 (TM) và Landsat 8 (OLI) được tải trực tiếp từ USGS với tổng cộng 4 scene từ tháng 01/1989 đến tháng 12/2013. Khu vực nghiên cứu nằm trong phạm vi Path 125,126 và Row 053, 052 (Bảng 1).

Bảng 1. Các loại ảnh được thu thập sử dụng

STT	WRS Path/Row	Ngày chụp ảnh
Landsat 5 (sensor TM)		
1	125/053	21-02-1996
2	125/053	04-5-2005
Landsat 8 (sensor OLI)		
3	125/053	18-11-2013
4	126/052	11-12-2013

Ngoài ra, bài báo kế thừa dữ liệu từ các đề tài, dự án được thực hiện ở khu vực nghiên cứu trước đó [9], [10].

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Phương pháp bản đồ, viễn thám và GIS

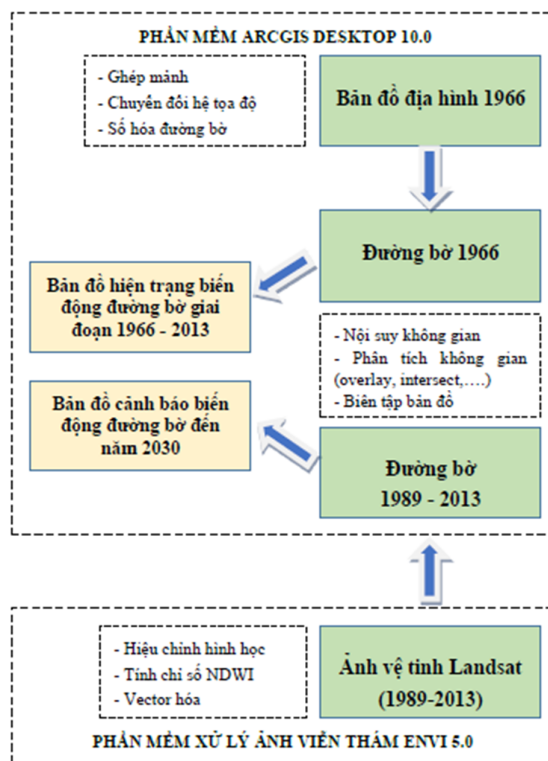
Ảnh Landsat sau khi thu thập cần được nắn chỉnh hình học, cắt (resize), ghép (mosaic) theo khu vực nghiên cứu trên cơ sở sử dụng tọa độ GPS và các bản đồ số. Để loại bỏ ảnh hưởng của khí quyển, giá trị bức xạ và phân xạ hiệu quả tại vệ tinh được tính toán.

Dữ liệu ảnh viễn thám được xử lý bằng phần mềm xử lý ảnh viễn thám ENVI 5.0; Để trích lọc đường bờ, chỉ số NDWI được tính toán cho tất cả các ảnh theo công thức (Claire, 2012): $NDWI = \frac{(Kênh\ cận\ hồng\ ngoại - Kênh\ hồng\ ngoại\ giữa)}{(Kênh\ cận\ hồng\ ngoại + Kênh\ hồng\ ngoại\ giữa)}$. Sau đó, đường bờ được nhấn mạnh qua công thức $(Kênh\ Green/Kênh\ cận\ hồng\ ngoại) \times (Kênh\ Green/Kênh\ hồng\ ngoại\ giữa) + NDWI$. Đường bờ sau khi trích lọc được vector hóa và được xử lý trên phần mềm GIS (xem Hình 2).

2.3.2. Phương pháp phân tích, tổng hợp (địa lí tổng hợp)

Phương pháp phân tích, tổng hợp được Trịnh Phi Hoàng và cộng sự sử dụng trong các công trình [7], [8], [11], [19]. Trong nghiên cứu này, chúng tôi tiếp tục kế thừa và vận dụng trong việc rút ra những đặc điểm biến động bờ sông đặc trưng ở khu vực Tân Châu – Hồng Ngự.

Trên cơ sở kết quả có được từ phương pháp bản đồ, viễn thám và GIS, bài báo phân tích diễn biến bờ sông khu vực Tân Châu – Hồng Ngự qua các thời kì 1966-1996,



Hình 2. Sơ đồ ứng dụng viễn thám và GIS trong nghiên cứu biến động bờ sông [8]

Các dữ liệu bản đồ và dữ liệu đường bờ vector hóa được phân tích và xử lý bởi các phương pháp phân tích không gian và nội suy không gian tích hợp trong nền tảng ArcGIS Desktop 10.1. Đó là cơ sở để đánh giá biến động đường bờ sông.

1996-2005, 2005-2013, 2013-2015). Qua đó, tổng hợp đặc điểm chung nhất mang tính quy luật về quá trình diễn biến đường bờ sông khu vực nghiên cứu.

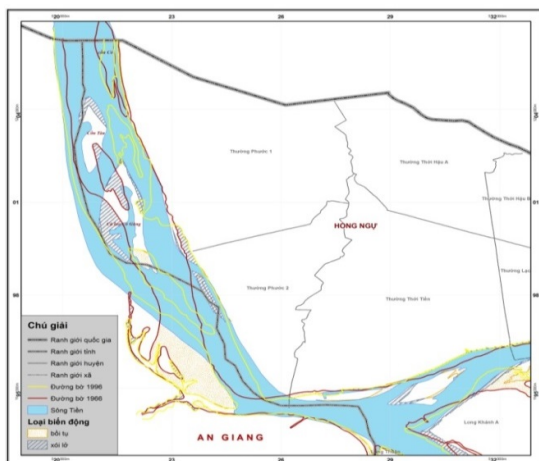
Ngoài ra, bài báo sử dụng phương pháp kế thừa trong việc tổng hợp, chọn lọc các tư liệu có liên quan nhằm có thêm tư liệu so sánh, bổ sung với kết quả phân tích từ phương pháp bản đồ, viễn thám và GIS.

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

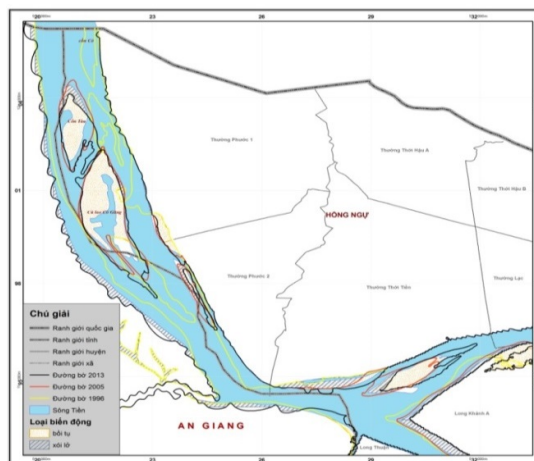
Sông Tiền đoạn Tân Châu – Hồng Ngự về góc độ địa mạo có thể chia thành 2 đoạn: (i) đoạn biên giới Việt Nam – Campuchia đến xã Thường Thời Tiền (bờ trái)/thị xã Tân Châu (bờ phải) dài khoảng 15 km thuộc kiểu sông bện tết, lòng sông mở rộng với sự tồn tại của nhiều bãi giữa (cù lao, cồn, bãi) và bãi ven; (ii) đoạn cù lao Long Khánh thuộc kiểu sông phân nhánh (braided river), trong khu vực này, sông Tiền phân chia thành 3 nhánh chính: nhánh Bắc cù lao Long Khánh dài khoảng 14 km; nhánh Nam cù lao Long Khánh dài khoảng 12 km và nhánh sông Cái Vũng. Hồ xoáy khu vực Tân Châu là phần chuyển tiếp giữa đoạn (i) và (ii).

3.1. Diễn biến bờ sông gắn liền với sự phát triển của cù lao, cồn bãi

Trong giai đoạn 1966-1996, biến động bờ sông đoạn (i) xảy ra với khoảng cách trung bình 66-200 m so với đường bờ năm 1966. Trong đó, xói lở xảy ra mạnh nhất thuộc bờ sông khu vực xã Thường Phước 2 với khoảng cách lớn nhất vào bờ là 857,5 m, tốc độ xói lở trung bình 13,2 m/năm. Ngoài ra, xói lở còn xảy ra ở phía Đông xã Thường Thời Tiền với mức độ trung bình và các khu vực cồn Cỏ (xem Hình 3). Trong giai đoạn 1996-2015, xói lở bờ xảy ra rất mạnh ở xã Thường Phước 1 với tốc độ trung bình 22,7 m/năm, khoảng cách xói sâu nhất vào bờ đạt 657 m; ở xã Thường Phước 2 với tốc độ xói lở trung bình 21,6 m/năm, chiều rộng sâu nhất vào bờ là 194 m. Còn bồi tụ mạnh xảy ra ở phía Tây xã Thường Thời Tiền với tốc độ 20,7 m/năm, diện tích bồi tụ đạt 59,0 ha (xem Hình 4).



Hình 3. Biến động bờ sông Tiền đoạn từ biên giới Việt Nam – Campuchia đến xã Thường Thời Tiền/Tân Châu thời kì 1966 - 1996



Hình 4. Biến động bờ sông Tiền đoạn từ biên giới Việt Nam – Campuchia đến xã Thường Thời Tiền/Tân Châu thời kì 1996-2013

Biến động bờ sông mạnh tiếp tục xảy ra ở khu vực này và tiếp nối của thời kỳ 1996-2005, xói lở ở Thường Phước 1, 2 nhưng với tốc độ nhỏ; bồi tụ bờ xảy ra mạnh ở phía Tây xã Thường Thới Tiền với tốc độ trung bình 10,8 m/năm. Trong đó, xói lở mạnh nhất ở khu vực Ấp 3, xã Thường Phước 2 với chiều dài trên 4 km, tốc độ xói lở trung bình 20-30 m/năm. Nguyên nhân cơ bản của sự biến động mạnh ở đoạn sông này là do sông uốn khúc chuyển hướng dòng từ hướng thẳng đứng sang hướng hơi ngang. Ở phía bờ phải thuộc thị xã Tân Châu (An Giang) xói lở mạnh xảy ra ở các xã Vĩnh Xương, Vĩnh Hòa, Tân An, Long Sơn; các phường Long Châu, Long Thạnh, Long Hưng (đoạn bờ kè Tân Châu) xói lở xảy ra với tốc độ 1,0-5,0 m/năm; xói lở xảy ra với mảng xen kẽ hình răng cưa [12].

Bảng 2. Diễn biến các cồn khu vực huyện Tân Châu – Hồng Ngự

STT	Tên cồn	Năm	Chiều dài (m)	Chiều rộng (m)	Diện tích (ha)	Dịch chuyển đầu cồn về phía hạ lưu (m)	Dịch chuyển đuôi cồn về phía hạ lưu (m)
1	Liệt sĩ	2006	3200	702	168		
		2015	2670	997	162	735	270
		2001	2900	951	153		
2	Cồn Béo	2006	4600	1290	370	580	2500
		2015	5200	1260	394	180	850
		2001	2235	154	30	-	-
3	Cỏ Gang	2006	2860	224	56	-	-
		2015	2160	105	14	700	0
		2001	460	270	7		
4	Cồn Mè (cù lao Thường Thới Tiền)	2006	2510	650	107	415	1600
		2009	3480	680	136	61	1040
		2015	3200	660	134	300	0
		2001	2500	460	72		
5	Châu Ma	2006	1780	330	34	610	0
		2009	875	137	9	760	-145
		2015					Biến mất

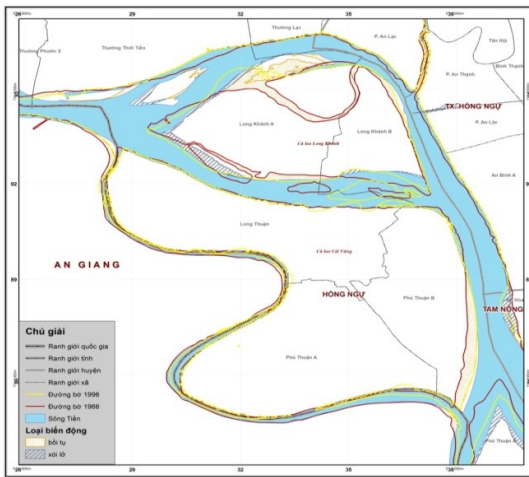
Nguồn: xử lý dữ liệu từ dự án của Trương Thị Nhân và cs [9]

Qua Bảng 2, có thể nhận thấy xu thế biến động chung ở các cồn trong giai đoạn 2001-2015 là xói lở xảy ra ở đầu cồn, bồi tụ ở cuối cồn nên có hướng di chuyển về phía hạ lưu. Các cồn đang trong quá trình phát triển mở rộng cả về chiều rộng và chiều dài (cồn Béo, cồn Mè). Một số cồn đang trong quá trình suy thoái, bị xâm thực mạnh làm giảm diện tích, có nguy cơ biến mất (cồn Cỏ Gang) hoặc biến mất (cồn Châu Ma). Ngoài ra, bờ đối diện với khu vực giữa các cồn cũng bị xói lở do dòng nước sau khi tác động trực tiếp vào đầu cồn sẽ lệch hướng sang bờ đối diện gây xói lở.

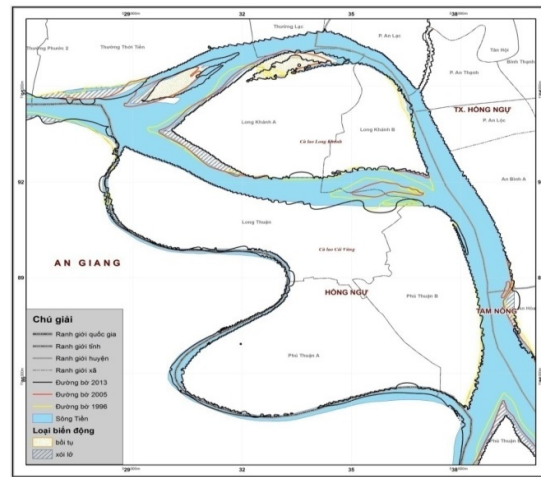
3.2. Biến động bờ sông liên quan đến sự thay đổi dòng chính, phụ

Trong giai đoạn 1966-1996, nhánh Bắc cù lao Long Khánh có mức độ biến động bờ sông xảy ra mạnh, chủ yếu là hiện tượng xói lở. Xói lở xảy ra chủ yếu ở xã Thường Lạc, Long Thuận, Phú Thuận A huyện Hồng Ngự; các phường An Lạc, An Thạnh, An Lộc, An

Bình A. Ngoài ra, xói lở xảy ra ở các xã đầu cù lao Long Khánh (Long Khánh A, Long Khánh B) với tốc độ trung bình (xem Hình 5). Trong thời kì 1996-2015, bờ sông thuộc nhánh phía Bắc cù lao Long Khánh ít có sự biến động lớn. Hiện nay, động lực dòng chảy đang có xu hướng gia tăng ở nhánh Nam cù lao Long Khánh, gây biến động bờ mạnh thuộc các xã Long Khánh A, Long Thuận, Phú Thuận B (Hình 6), một số cồn nằm trên nhánh Long Khánh đã bị xói lở làm biến mất, tiêu biểu như cồn Châu Ma (Bảng 3). Đây là hệ quả của quá trình thay đổi nhánh chính – phụ. Riêng nhánh Hồng Ngự chủ yếu là bồi tụ, một số điểm sạt lở nhỏ nằm ở khu vực hồ sâu Hồng Ngự (ngã ba sông Sở Thượng và sông Tiên).



Hình 5. Biến động bờ sông Tiên khu vực cù lao Long Khánh thời kì 1966-1996



Hình 6. Biến động bờ sông Tiên khu vực cù lao Long Khánh thời kì 1996-2013

Bảng 3. Tỷ lệ phân lưu thực đo đoạn Tân Châu – Hồng Ngự

TT	Thời gian	Nhánh (%)		TT	Thời gian	Nhánh (%)	
		Hồng Ngự	Long Khánh			Hồng Ngự	Long Khánh
1	9-1996	66	34	6	20h 12-6-2008	38	62
2	3-2003	45	55	7	9-2008	38	62
3	8-2003	48	52	8	25-12-2010	37	63
4	10-2007	40	60	9	27-12-2010	34	67
5	12h 12-6-2008	36	64	10	9-2015 (*)	28	72

Nguồn: [13], [10]

Biến động bờ sông khu vực cù lao Long Khánh gắn liền với sự thay đổi dòng chính, phụ. Nếu như trước năm 2000, dòng chính là nhánh Bắc chảy qua khu vực Hồng Ngự thì sau năm 2000, dòng chính là nhánh Nam qua cù lao Long Khánh. Đây chính là nguyên nhân trực tiếp làm giảm xói lở, tăng bồi tụ ở khu vực thị xã Hồng Ngự sau năm 2000 và gia tăng quá trình xói lở tại các xã Long Khánh A, Long Thuận, Phú Thuận. Nguyên nhân của sự thay đổi dòng chính, phụ giữa 2 nhánh do sự xuất hiện của cồn/cù lao Thường Thới Tiền (Hình 7). Trên ảnh vệ tinh có thể nhận thấy, từ năm 2000 xuất hiện cồn nhỏ khu vực

Sự thay đổi ngôi thứ giữa 2 nhánh Hồng Ngự, Long Khánh không phải là lần đầu mà được ghi nhận ít nhất 2 lần trong quá khứ. Trước năm 1940 (cụ thể năm 1926, Hình 8), nhánh chính là nhánh Nam cù lao Long Khánh, duy trì đến năm 1960. Từ năm 1960 đến 2001, nhánh chính đổi sang nhánh Hồng Ngự. Như vậy, sự thay đổi nhánh – phụ khu vực cù lao Long Khánh có tính quy luật: khoảng 40 năm thì có sự thay đổi ngôi thứ. Đây chính là tác nhân trực tiếp của quá trình xói lở, bồi tụ bờ sông khu vực cù lao Long Khánh. Sự thay đổi nhánh chính, phụ giữa nhánh Hồng Ngự và Long Khánh không chỉ kéo theo hiện tượng xói lở, bồi tụ bờ sông mà còn ảnh hưởng đến hoạt động giao thông thủy (trước năm 2000, đường di chuyển của tàu thuyền qua cù lao Long Khánh là nhánh Hồng Ngự, sau năm 2000 là nhánh Long Khánh); ảnh hưởng đến khả năng cung cấp nước cho các kênh, rạch, nhất là kênh Trung ương (hay còn gọi kênh Hồng Ngự hay Hồng Ngự – Vĩnh Hưng) dẫn nước từ sông Tiền vào vùng Đồng Tháp Mười từ năm 1976 – khi dòng Hồng Ngự vẫn là dòng chính. Đến nay dòng chính đổi sang nhánh Long Khánh, việc đảm bảo nguồn nước cho kênh Trung ương là một vấn đề đáng quan tâm, nhất là trong mùa khô – kiệt.

4. Kết luận

Qua phân tích có thể nhận thấy, trong giai đoạn 1966-2015, đường bờ sông Tiền khu vực Tân Châu – Hồng Ngự liên tục biến động, trong đó nổi bật nhất là (i) diễn biến đường bờ liên quan đến sự hình thành và phát triển các cù lao, cồn, bãi: xói lở đầu cù lao và bờ đối diện giữa cù lao, bồi tụ xảy ra cuối cù lao; (ii) sự thay đổi dòng chính, phụ giữa các nhánh sông trong vòng khoảng 40 năm: nhánh chính quá trình xói lở chiếm ưu thế, nhánh phụ quá trình bồi tụ chiếm ưu thế. Cả 2 đặc điểm diễn biến bờ sông đều phù hợp với đặc trưng diễn biến lòng sông phân nhánh (braided river) ở vùng thượng châu thổ. Việc xác định được đặc điểm biến động mang tính quy luật, giúp địa phương chủ động lựa chọn giải pháp ứng phó và thích nghi với thiên tai (loại hình xói lở, bồi tụ bờ sông).

Việc sử dụng tư liệu viễn thám và ứng dụng các công cụ trong GIS giúp đánh giá quá trình diễn biến bờ sông khu vực nghiên cứu khá toàn diện, nhìn nhận được quá trình thay đổi đường bờ sông trong một thời gian, không gian lớn, hạn chế được những sai sót/thiếu sót trong các phương pháp truyền thống (khảo sát, đo đạc thực tế) khi theo dõi biến động bờ sông. Tuy nhiên, để kết quả chính xác hơn cần sử dụng các loại ảnh có độ phân giải cao hơn. Mặt khác, để có thêm độ tin cậy cần kết hợp với các phương pháp khác trong đánh giá biến động bờ sông như phương pháp mô hình thủy văn, thủy lực, thực đo.

❖ **Tuyên bố về quyền lợi:** Các tác giả xác nhận hoàn toàn không có xung đột về quyền lợi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lê Mạnh Hùng, Đinh Công Sản, *Xói lở bờ sông Cửu Long và giải pháp phòng tránh cho các khu vực trọng điểm*. TP Hồ Chí Minh: NXB Nông nghiệp, 2002.
- [2] Lê Mạnh Hùng, *Xói bồi hệ thống sông rạch vùng đồng bằng sông Cửu Long*. TP Hồ Chí Minh: NXB Nông nghiệp, 2008.
- [3] Lê Ngọc Bích, *Một số vấn đề về động lực học sông, chỉnh trị sông và bảo vệ bờ biển*. TP Hồ Chí Minh: NXB Nông nghiệp, 2008.
- [4] Nguyễn Sinh Huy, “Bước đầu nghiên cứu những diễn biến lòng sông Cửu Long,” *Phân viện Địa lí tại TP Hồ Chí Minh*, TP Hồ Chí Minh, Báo cáo chuyên đề, 1998.
- [5] Trịnh Phi Hoàng, “Hiện trạng xói lở bờ sông Tiền đoạn chảy qua tỉnh Đồng Tháp giai đoạn 2009-2013,” *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Sư phạm TP Hồ Chí Minh*, vol. 92, no. 58, pp. 161-171, 2014.
- [6] Hà Quang Hải và cs, “Nghiên cứu, điều tra và đề xuất các giải pháp giảm thiểu tai biến xói lở – bồi tụ lòng sông Tiền khu vực Tân Châu – Hồng Ngự,” *Báo cáo tổng kết đề tài KHCN cấp Đại học Quốc gia B2008-18-37*, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên – Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh, 2009.
- [7] Trịnh Phi Hoàng và cs, “Nghiên cứu quy luật biến động bờ sông Tiền đoạn chảy qua tỉnh Đồng Tháp, đề xuất giải pháp ứng phó giảm nhẹ thiệt hại,” *Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ GD&ĐT B2013.20.01*, Trường Đại học Đồng Tháp, Đồng Tháp, 2016.
- [8] Trịnh Phi Hoàng, *Nghiên cứu diễn biến lòng dẫn sông Tiền (đoạn chảy qua tỉnh Đồng Tháp) phục vụ phòng tránh thiên tai*. Luận án Tiến sĩ Địa lí, Học viện Khoa học và Công nghệ, Hà Nội, 2018.
- [9] Trương Thị Nhân và cộng sự, *Đo đạc và dự báo diễn biến lòng dẫn các đoạn sông xói lở trọng điểm trên địa bàn tỉnh Đồng Tháp*. Viện Kỹ thuật Biển, Đồng Tháp, 2015.
- [10] Nguyễn Nghĩa Hùng và cs, *Nghiên cứu giải pháp khoa học – công nghệ để điều chỉnh và ổn định các đoạn sông có cù lao đang biến động lớn về hình thái trên sông Tiền và sông Hậu*. Tổng kết đề tài KHCN cấp Nhà nước KC08.21/11-15, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, TP Hồ Chí Minh.
- [11] Trịnh Phi Hoàng, Trần Văn Thương, Nguyễn Siêu Nhân, Nguyễn Thám, “Nghiên cứu tổng quan về nguyên nhân cơ bản và giải pháp tổng thể đối với vấn đề xói lở bờ sông Cửu Long,” *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Sư phạm TP Hồ Chí Minh*, vol. 15, no. 9, pp. 70-85, 2018.
- [12] Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh An Giang, *Báo cáo kết quả quan trắc và cảnh báo sạt lở bờ sông trên địa bàn tỉnh An Giang đợt I năm 2016*, 2016.
- [13] Trần Bá Hoàng, *Nghiên cứu diễn biến và chỉnh trị đoạn sông phân lạch – ứng dụng cho sông Cửu Long*. Luận án Tiến sĩ Kỹ thuật, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, TP Hồ Chí Minh, 2014.
- [14] Trịnh Phi Hoàng, Phạm Thế Hùng, La Văn Hùng Minh, “Ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS đánh giá biến động bờ sông Tiền đoạn chảy qua tỉnh Đồng Tháp giai đoạn 1966-2013,” in *Tiểu ban Các Khoa học Trái Đất*, Hà Nội, 2015, pp. 214-216.
- [15] M. Kumm, X. X. Lu, A. Rasphone, J. Sarkkula, and J. Koponen, “Riverbank changes along the Mekong River: Remote sensing detection in the Vientiane–Nong Khai area,” *Quat. Int.*, vol. 186, no. 1, pp. 100-112, Aug. 2008.

- [16] M. Kummur and O. Varis, "Sediment-related impacts due to upstream reservoir trapping, the Lower Mekong River," *Geomorphology*, vol. 85, no. 3, pp. 275-293, Mar. 2007.
- [17] Vương Thị Mỹ Trinh, *Ứng dụng viễn thám và GIS trong nghiên cứu xói lở, bồi tụ một số khu vực đô thị ven bờ sông Tiền, sông Hậu*. Luận văn Thạc sĩ Khoa học môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên – Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh, TP Hồ Chí Minh, 2012.
- [18] "Google Maps," *Google Maps*. [Online]. Available: <https://www.google.com/maps/place/%C4%90%E1%BB%93ng+Th%C3%A1p,+Vi%E1%BB%87t+Nam/@10.8315195,105.1957452,22992m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x310a65b3d50c121f0xdca0c95ead346e40!8m2!3d10.4937989!4d105.6881788> [Accessed: 11-Sep-2018].
- [19] Trịnh Phi Hoàng, Phạm Việt Hòa, Trần Văn Thương, "Định hướng giải quyết vấn đề xói lở bờ sông ở vùng đồng bằng sông Cửu Long theo tiếp cận địa lý tổng hợp," trong *Khoa học Địa lý Việt Nam với liên kết vùng cho phát triển bền vững*, Đà Nẵng, 2018, vol. 1, pp. 393-403.
- [20] "Long Xuyen 1:100.000," Dresse dessine et publie par le Service Géographique de L'Indochine on 1928. Réédition de 1951, 1951.